



המרכז הישראלי למצוינות בחינוך
Israel Center for Excellence
through Education



משרד החינוך
התרבות והספורט

מצוינות 2000
בחסות קרן סקירבול

המכון למצוינות בהוראה

מדע מסמר שיעור

ליאורה דורי

ד"ר גיא אשכנזי

עריכה: ד"ר שרה גרופר



מדעים – יסודי

מהדורת תשע"ד

© כל הזכויות שמורות למרכז הישראלי למצוינות בחינוך ולמשרד החינוך.

חומרי הלימוד הנם לשימוש בהוראת תכנית "מצוינות 2000" בלבד. אין להפיצם בלא רשות, מראש ובכתב.

הקדמה

לעומת כוח הכבידה, אויבם המושבע של מלצרים עמוסי צלחות, נראות הכוחות החשמליים והמגנטיים בחיינו אינה בולטת במיוחד. "היאך?" ישאל הקורא הנבון בפליאה, "הניתן לדמיין את חיינו ללא חשמל? הרי אנו משתמשים בו לתאורה, להפעלת מכונות ביתיות ותעשייתיות, למחשבים ועוד. אפילו קראתי בעיתון שהמציאו מכונת חשמלית!"

אם כך, נמשיך ונשאל "ומגנטיות? האם ניתן לדמיין את החיים ללא מגנטים?". או אז בוודאי יאמר הקורא: "מגנטים הם 'סיפור' אחר. אני מוכן לוותר על המגנטים שעל דלת המקרר, אך לא על המקרר עצמו!". אם כך, נניח לרגע קט לכוח המגנטי, ונקשה: אמנם בלתי אפשרי לדמיין את החיים המודרניים ללא חשמל, אך בתקופות קדומות יותר, בהן לא היו מכשירים חשמליים, האם גם אז לא היה חשמל?

היה גם היה. נביט בדוגמא הרחוקה ביותר מהחיים המודרניים – האדם הקדמון. את לילותיו העביר במערה יבשה, מכוסה בפרוות דוב (למשל), ולעתים, כששלח יד אל מחוץ לפרווה כדי לוודא שכידון הברזל מונח למראשותיו, נרתעה זו לאחור כנשוכת נחש. אנו, שמתכסים בפורק במקרים של אזעקת אמת ישנים עם כידון לצידנו, מכירים חוויה זו היטב: כשאנו מקרבים את המפתח לדלת הרכב, או כשאנו נוגעים בגוף מתכתי לאחר שצעדנו על שטיח, אנו מרגישים זרם חשמלי. התגלות נוספת של הכוח החשמלי לה עדים אנו באותה מידה כמו הקדמונים היא סופת ברקים.

אם כך, אנו, כקדמונים לפנינו, חווים את התופעות החשמליות כעונתיות וקצרות מועד: סופות ברקים יופיעו בדרך-כלל בחורף ויימשכו לכל היותר מספר שעות, ומכות חשמל יופיעו בעיקר בימים יבשים ויארכו חלקיק שנייה.

אנו עדיין מתעלמים מתופעות חשמליות הקשורות לטכנולוגיה, אך הנה אנו חוזרים אל המגנטים אותם הזנחנו עד כה. התופעות המגנטיות נראות כנפוצות אף פחות מאלו החשמליות אך לעומתן, הן נראות כיציבות וקבועות יותר: הרי מגנט בחורף הוא גם מגנט בקיץ.

כאשר אנו משווים את הכוח החשמלי והכוח המגנטי לכוח הכבידה, נדמה כי לאחרון יש משנה סדורה בעוד הראשונים קשים לקטלוג. עוצמת כוח הכבידה היא אדירה: הוא מעורב באינספור תופעות טבע: האטמוספירה – שכבת האוויר העוטפת את כדור-הארץ נשארת במקומה

הודות לכוח הכבידה של הארץ. תופעות הגאות והשפל נובעות מהשפעת כוח הכבידה של הירח על מי הים. מסלולי כוכבי הלכת סביב השמש נקבעים על-ידי כוח הכבידה של כל הגורמים במערכת השמש. גם שביטים, אסטרואידים ומטאורים מושפעים מכוח הכבידה של גרמי השמים שבקרבתם הם נעים. למעשה, כוח הכבידה הוא הכוח הדומיננטי בחלל והאחראי למגוון תופעות אסטרונומיות.

קשה יותר לאפיין את עוצמת הכוח החשמלי: מכת ברק ישירה היא קטלנית אך מכת-חשמל ממפתח הרכב גורמת לכל היותר לאי נעימות קלה. ועוצמת הכוח המגנטי? אם נוכל לאסוף בעזרתנו סיכות שהתפזרו על הרצפה – דיינו.

האוניברסאליות של כוח הכבידה ידועה: כל מסה יוצרת כוח כובד ומגיבה לכוח הכבידה (למעשה, גם קרני אור מושפעות מכוח הכבידה). הכוח המגנטי משויך למספר מצומצם של חומרים ולכאורה ניתן למיין את כל החומרים שבעולם לשתי קבוצות: מגנטים באחת וכל השאר באחרת. אך הכוח החשמלי נשאר מסתורי. מי או מה אחראי ליצירתו? היכן בכלל יש חשמל?

על כך נענה בשאלה: במה בעצם אין חשמל?

חטאנו לכבודו של החשמל חטא משולש: ראשית, הפרדנו בינו ובין אחיו התאום – הכוח המגנטי, שנית, זלזלנו בעוצמתו, ושלישית, המעטנו בחשיבותו ובשכיחותו בחיי היומיום.

אנו מכים על חטא ומיד עושים סדר בדברים: רובנו אמנם מפרידים בין תופעות חשמליות לתופעות מגנטיות, אך למעשה מדובר בשתי התגלמויות של כוח יסודי אחד – הכוח האלקטרומגנטי. כבודו של כוח הכבידה במקומו מונח, ואין ספק שתופעות הקשורות אליו מרתקות בקנה מידה קוסמי (וכמובן ניכרת גם השפעתו בחיי היומיום), אך למעשה הוא החלש ביותר מכל הכוחות היסודיים בטבע, והכוח האלקטרומגנטי חזק ממנו עשרות מונים.

בניגוד לכוח הכבידה שמשפיע על כל גוף, הכוח האלקטרומגנטי משפיע רק על גופים טעונים במטען חשמלי. קיימים שני סוגי מטען חשמלי: חיובי ושילי (אין שום דבר שלילי או חיובי במטען – זוהי רק דרך להבדיל בין שני הסוגים). מטענים מאותו סוג (למשל, שני מטענים חיוביים או שני מטענים שליליים) דוחים זה את זה. לעומת זאת, בין מטען חיובי למטען שלילי יפעל תמיד כוח משיכה (נשים לב שבתורת הכבידה קיים "מטען" מסוג אחד, המסה, ולכן גם כוח הכבידה מופיע בצורה אחת – ככוח משיכה). הכוח המגנטי נוצר כאשר המטענים נעים.

הכוח האלקטרומגנטי שולט בחיי היומיום, ולא רק בגלל שאנו מוקפים מכשירים חשמליים. מבנה האטומים (המורכבים מגרעין בעל מטען חיובי ואלקטרונים בעלי מטען שלילי) נקבע על-ידי הכוח האלקטרומגנטי. הוא גם הכוח הקובע תהליכים כימיים. תכונות חומרים למשל, גמישותם או חוזקם, נשלטים על-ידי כוח זה. כוחות חיכוך, עילוי וציפה הם בעצם כוחות אלקטרומגנטיים. האור והאופטיקה בכללה הם תופעות אלקטרומגנטיות. אפילו כוח השרירים בגופנו – מקורו בכוח האלקטרומגנטי.

רציונאל

יחידת לימוד זו עוסקת בכוח האלקטרוסטטי (חשמל סטטי), דהיינו, הכוח הנובע ממטענים חשמליים נייחים (להבדיל מהכוחות הפועלים על מטענים חשמליים הנמצאים בתנועה). לכאורה, זהו הפן הפשוט ביותר של הכוח האלקטרומגנטי, אך למעשה תופעות אלקטרוסטטיות הן מורכבות ביותר, ולא לכולן יש הסבר מדעי מלא. גם במקרים בהם קיים הסבר כזה, הוא רחוק מלהיות פשוט. האתגר העומד בפנינו הוא גדול מאוד: ההסבר לתופעות המאקרוסקופיות הקשורות בחשמל סטטי טמון ברמה המיקרוסקופית של החומר: מבנה האטום. כיצד נסביר לתלמידים תופעות שהם רואים במו עיניהם באמצעות מושגים מיקרוסקופיים כמו אטום או אלקטרונים? הרי גם אם מושגים אלו מוכרים לאוזניהם, הם עדיין ערטילאיים לחלוטין עבורם. זו הסיבה לכך שבדרך-כלל, נושאים הקשורים בחשמל נלמדים בכיתות גבוהות יותר מגילאי יסודי, לאחר שתלמידים למדו על מבנה החומר.

למרות קושי זה, הנה מונחת לפניכם יחידת לימוד בנושא חשמל. כיצד התגברנו על הקושי? אנו חושפים את הנושא לתלמידים בצורה הדרגתית. בתחילה, התלמידים נחשפים לתופעה – גוף טעון משפיע על סביבתו הקרובה. בשלב זה אנו עדיין לא מזכירים את נושא השיעור וגם לא מזכירים את המושג כוח. אנו גם לא מגלים בשלב זה שהגוף טעון, מסיבה פשוטה: התלמידים אינם יודעים מהו מטען חשמלי.

בשלב השני מבצעים התלמידים ניסוי חקר שהמסקנות העולות ממנו מאפשרות לנו לשלב את המושג "כוח" בהסבר התופעה.

לאחר מכן, התלמידים צופים בחפצים יומיומיים (סרגל, בקבוק, צינור), המשפיעים על סביבתם בצורה יוצאת דופן בהשוואה להיכרותם עם חפצים אלו. בניסויים שנבצע נגלה כי פעולת חיכוך (במטלית צמר, שיער, מגבת או נייר) היא שהעניקה לחפצים שהזכרנו את

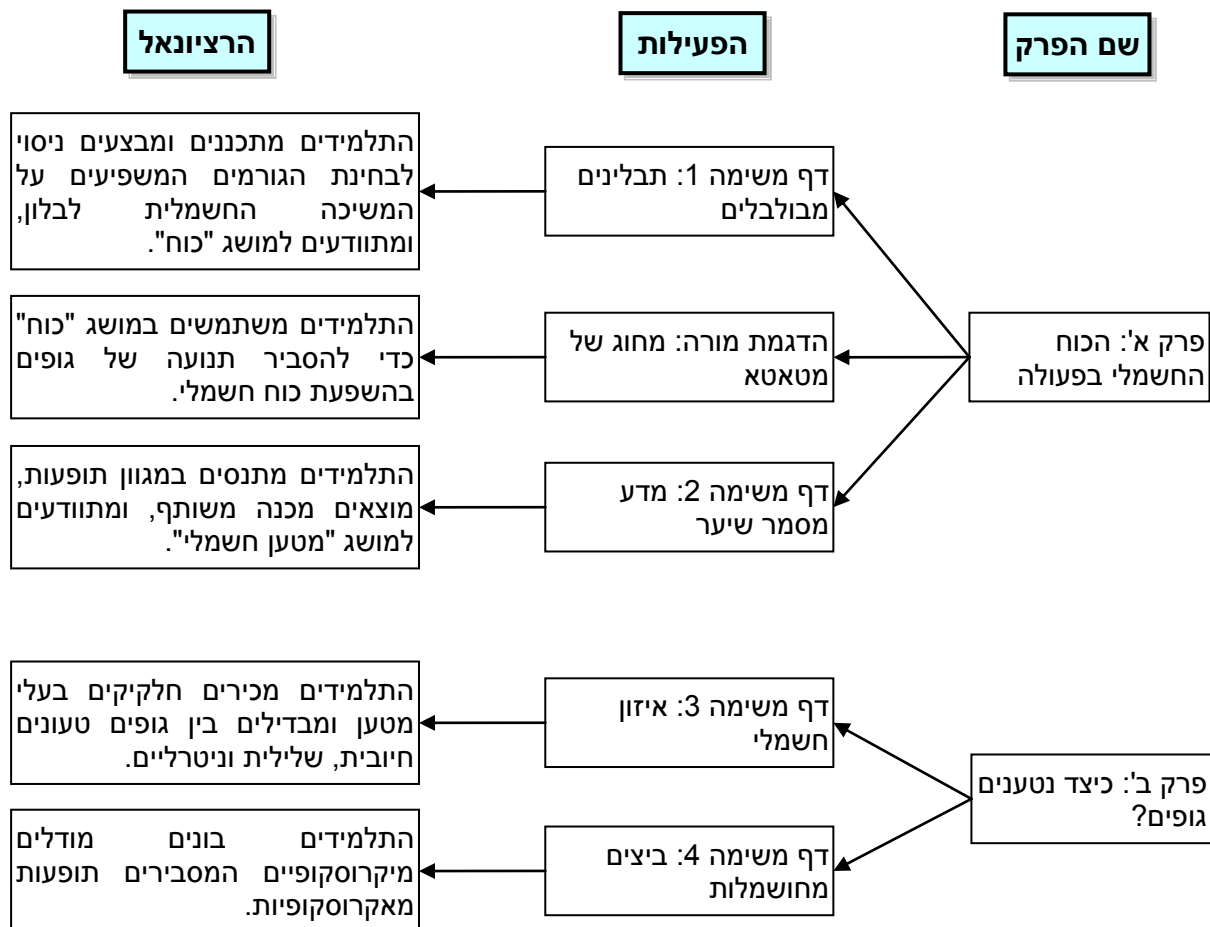
היכולת להשפיע על סביבתם. בעקבות הדגמה המראה את הקשר בין תופעות אלו לבין תופעות חשמליות מוכרות יותר, נציג בפני התלמידים את הרעיון של מטען חשמלי.

כדי להבין כיצד חיכוך חפצים בצמר העניק להם כוח חשמלי, נכיר בשלב האחרון את נושאי המטען הקיימים בכל גוף: הפרוטונים והאלקטרונים. כפי שתראו, בחרנו לעשות זאת מבלי להתייחס למבנה האטומי. בעזרת משחקים נבין מה ההבדל בין גוף טעון במטען חיובי או שלילי ומהו גוף ניטראלי. לסיכום היחידה, התלמידים יבנו מודלים מיקרוסקופיים המסבירים את התופעות בהן צפו.

מיומנויות אותן ניתן לתרגל ביחידה:

1. רכישת ידע מדעי על עולם הטבע (כוחות, חשמל סטטי)
2. תכנון וביצוע ניסוי (הפרדת משתנים)
3. ביצוע תצפיות והסקת מסקנות
4. בניית מודל מיקרוסקופי להסבר תופעות מאקרוסקופיות

מבנה יחידת הלימוד



מומלץ להקדיש ליחידה זו 3 שיעורים כפולים: 2 שיעורים כפולים לפרק א' (דף משימה 1 בשיעור הראשון, הדגמת המורה ודף משימה 2 בשיעור השני), ושיעור כפול לפרק ב'.

רקע מדעי

במפגש הראשון, נטען חפצים במטען חשמלי על-ידי חיכוכם במטלית צמר. כאשר נקרב אותם לחפצים שונים נראה שהם נמשכים אליהם. כדי להבין מהו מקור המשיכה, נתאר בקצרה את מהותו של הכוח החשמלי.

הכוח החשמלי הוא כוח יסודי בטבע. לא ניתן כיום להסביר אותו באמצעות כוח בסיסי יותר. הוא פועל בין מטענים, שנהוג לכנותם "מטען חיובי" ו"מטען שלילי". תופעות אלקטרוסטטיות נובעות מהצטברות של מטען חשמלי על-פני גופים. כל גוף וכל חומר בנויים מאטומים. כל אטום מורכב ממספר שווה של פרוטונים ואלקטרונים. לאלקטרון ולפרוטון יש אותה כמות מטען חשמלי, אך סימן המטען הפוך: מטען האלקטרונים שלילי ומטען הפרוטונים חיובי. לכן, במצב רגיל, סך המטען החשמלי של האטום הוא אפס, כלומר האטום ניטרלי מבחינה חשמלית, וכמוהו הגוף או החומר הבנויים מאטומים.

כאשר נוצר חיכוך בין שני גופים, חלק מהאלקטרונים בגוף אחד יכול לעבור לגוף השני, ולהישאר על פניו. במצב זה נקבל שני גופים טעונים: לגוף אחד יש עודף באלקטרונים ולכן מטענו שלילי, ובגוף השני קיים חוסר באלקטרונים ולכן מטענו חיובי. גופים טעונים מפעילים כוח זה על זה, ולכן גם אם איננו רואים את האלקטרונים שעברו, אנו יכולים לזהות גוף טעון חשמלית באופן הבא: בינו לבין גופים בסביבתו יפעל כוח. כוח זה יכול לגרום לתנועה. ככל שהגופים יהיו קרובים יותר, כך עוצמת הכוח ביניהם תגדל ויקל עלינו להבחין בהשפעתו.

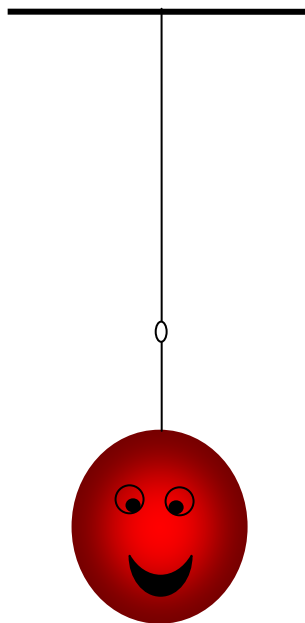
ניסויים באלקטרוסטטיקה תלויים מאוד בלחות האוויר, ומדוע? אמרנו שתופעות אלקטרוסטטיות נובעות מהצטברות מקומית של מטען חשמלי על גוף כלשהו. בסביבה יבשה, מטען חשמלי שהצטבר על גוף לא יכול לעבור למקום אחר ולכן יישאר שם. ככל שגדלה הלחות באוויר, המוליכות החשמלית שלו גדלה, והוא יאפשר תנועת מטענים חשמליים. במצב זה, פרק הזמן בו יישאר מטען עודף על גוף יהיה קצר ביותר ואנו לא נוכל להבחין בתופעות אלקטרוסטטיות.

על כן, הקפידו שסביבת הניסויים תהיה יבשה, אל תבצעו ניסויים ביום בו הלחות גבוהה. בחודשים דצמבר-אפריל הלחות נמוכה יותר, באופן ממוצע, מאשר בחודשי הסתיו והקיץ. מזגן מוריד את הלחות באוויר ואם הוא קיים בכיתה, הפעילו אותו.

פרק א': הכוח החשמלי בפעולה

במפגש הראשון, נעסוק בהכרת תכונות של הכוח האלקטרוסטטי. נעשה זאת בתחילה על ידי תצפיות, ולאחר מכן על ידי ניסוי חקר. בפעילות הראשונה יצפו התלמידים בהדגמה אותה אתם תבצעו: הדגמת "הבלון המאוהב": בלון טעון חשמלית "ירדוף" אחריכם ו"ירצה" כמוכם לקרוא בעיתון. התלמידים שאינם יודעים שהבלון טעון, ינסו להסביר מה קרה לבלון.

תרשים א'



הבלון המאוהב – הדגמת מורה

הכנות:



לפני השיעור, התחילו בהכנת "חבל תלייה": חברו לתקרת הכיתה, מעל לשולחנכם (ובמרחק של לפחות מטר אחד מהלוח או מכל קיר) חוט משיכה ארוך. צרו בקצהו לולאה בקוטר סנטימטרים ספורים. הגודל המדוייק של הלולאה אינו חשוב – די שתספיק כדי לתלות עליה אטב משרדי.

כעת, נכין את "התלוי" – הלא הוא "הבלון המאוהב": נפחו בלון וציירו עליו פרצוף עליז בעזרת עט סימון (מרקר). השתמשו בחוט נוסף, קשרו לקצהו האחד את הבלון ולקצהו השני חברו אטב משרדי. בעזרת האטב המשרדי תוכלו לחבר בקלות את הבלון

ללולאה שבקצה חבל התלייה (ראו תרשים א'). עליכם לבדוק מהו אורך החוט הדרוש לפי התנאי הבא: גובה הבלון מעל פני הקרקע יהיה כגובהכם. כמו כן, עליו להיות רחוק כחצי מטר משולחנכם וכמטר מכל קיר או ארון. אם תנאים אלו מולאו – שחררו את הבלון מחבל התלייה על-ידי הוצאת האטב מהלולאה. הסתירו את מטלית הצמר ואת הבלון מתחת לשולחן. אם השולחן חסר דפנות – כסו אותו במפה כך שהתלמידים לא יוכלו לראות מה קורה מתחת לשולחן.

ביצוע:

בחרו שם לבלון, למשל "בולי". ספרו לתלמידים על בולי, החבר החדש שלכם, שהוא נחמד, אבל קצת נודניק. הוא רוצה לעשות כל מה שאתם עושים, ורודף אחריכם לכל מקום. ממש "דבק". רגע רגע – הנה הוא קורא לכם עכשיו – עשו עצמכם שומעים מישהו שקורא לכם. מה? הוא רדף אחריכם לכיתה? לכו אחר "קולו של בולי" והוציאו אותו מתחת לשולחן.

בזמן שאתם נסתרים מעיני התלמידים, שפשפו את הבלון במרץ בעזרת מטלית הצמר. הבלון ייטען חשמלית. ביד אחת החזיקו את האטב המשרדי וביד שנייה את קצה הבלון הקשור לחוט. דאגו שהאטב לא ייגע בבלון ושהבלון לא ייגע בגופכם. תלו את בולי בקצה חבל התלייה והתרחקו ממנו מייד. הבלון יימשך אליכם. נועו במרחק מה מהבלון, כך שהוא "רוץ אחריכם" מצד לצד, תוך כדי הצגת בולי המאוהב לתלמידים. המשיכו להתלונן עליו, והדגימו את תלונותיכם. למשל, כשאתם קוראים עיתון – גם בולי רוצה לקרוא עיתון. קרבו את העיתון אל הבלון, אך אל תאפשרו מגע ביניהם: בולי "יקרב את פניו" לעיתון.

קרוב לוודאי שהתלמידים לא יישארו שקטים בזמן ההדגמה והם ינסו לפענח את "הקסם". אפשרו להם להעלות רעיונות. אם הם יטענו שיש כאן חוט נסתר, בקשו מהתלמיד שאמר זאת להתקרב לבלון (אל תאפשרו מגע בינו לבין הבלון), והופ – בולי מתאהב גם בו! אם כך, אין כאן חוט נסתר. אולי הם יגידו שיש כאן מגנט. יופי של רעיון! בואו ונבדוק אותו: תנו לתלמיד שאמר זאת את העיתון ואת המגנט שהבאתם. האם המגנט נמשך לעיתון? כמובן שלא. אבל בולי נמשך לעיתון! אם כך, לא מדובר במגנט.

הערה: כפי ששמתם לב, עדיין לא הזכרנו את המילים כוח או חשמל, ובשלב זה, עדיין לא נזכיר אותן. הקפידו להשתמש במונחים המתייחסים לתופעה עצמה, כמו "מתקרב", "נצמד" או "מתרחק", ולא במונחים המתייחסים להסבר התופעה, כמו "נמשך" ו"נדחה".

אם התלמידים העלו מונחים אלו, אל תגררו בשלב זה לדיון בהם. אם הוזכר חשמל סטאטי כהסבר לתופעה – יפה מאוד. אכן מדובר בחשמל סטאטי (שימו לב: הקשר בין חשמל סטאטי למושג 'כוח' לא ברור, ואולי אף לא קיים אצל התלמידים עדיין), אך מהו חשמל סטאטי, כיצד הוא קשור לחשמל במקרר או המחשב? אנו לא מצפים מהתלמידים להסביר תופעות אלו בשלב זה. למעשה, רוב האנשים אינם יודעים להסביר תופעות אלקטרוסטטיות, גם אם הם מזהים אותן ככאלו. אנו מקווים שלאחר ההתנסות ב"מדע מסמר שיער", תלמידיכם יוכלו להסביר תופעות אלקטרוסטטיות שונות.

תבלינים מבולבלים

אבא הכין תערובת תבלינים לתיבול הסלט. כשראתה זאת בתו, אביגיל, קראה: "שמת יותר מידי פלפל! אני לא אוהבת פלפל!!".

"אל תדאגי", ענה יואב, אחיה הגדול. "אם תביאי לי בלון, אני אפתור את הבעיה".

ניסוי היכרות

1. נפחו את הבלון.
2. קרבו את הבלון באיטיות לצלחת המכילה תערובת של מלח ופלפל. רשמו תצפיותיכם.
3. שפשפו את הבלון במטלית צמר.
4. קרבו את הבלון באיטיות לצלחת המכילה תערובת של מלח ופלפל. רשמו תצפיותיכם.

ניסוי חקר

1. שערו: מה הסיבה להבדל בהתנהגות המלח והפלפל בניסוי ההיכרות?
2. נסחו שאלת חקר שתבחן את השערתכם.
3. תכננו ניסוי שייתן תשובה לשאלת החקר. היעזרו במורה לגבי מגוון החומרים העומדים לרשותכם לביצוע הניסוי.
4. רשמו פרוטוקול מסודר המתאר את מהלך הניסוי, וקבלו את אישור המורה לבצע את הניסוי.
5. בצעו את הניסוי ורשמו את תצפיותיכם.
6. הסיקו מסקנות מתוצאות הניסוי: מה התשובה לשאלת החקר? האם נתאמתה השערתכם?
7. האם הבחנתם בגורמים אחרים המשפיעים על התופעה?

המלצות לניהול שיעור

ניסוי היכרות

בניסוי ההיכרות התלמידים יגלו שגרגירי הפלפל נצמדים אל הבלון וגרגירי המלח לא. מאוחר יותר, לאחר ביצוע ניסוי החקר, הם יגלו שהסיבה לכך היא שמשקל גרגירי הפלפל קטן בהרבה מזה של גרגירי המלח. כדי שההפרדה בין הפלפל לבין המלח תהיה טובה, צריך לדאוג להפרש מסות גדול בין שני סוגי הגרגירים. משיגים זאת על ידי שימוש באבקת פלפל ובמלח גס. מכיוון שבמלח גס יש גם שברי גבישי מלח קטנים, צריך לסנן את המלח הגס ולהשתמש רק בגרגירים שנשארים בתוך המסננת.

ניסוי חקר

בעקבות ניסוי ההיכרות סביר שהתלמידים יעלו את אחת ההשערות הללו:

- ההבדל בהתנהגות נובע מההבדל במשקל הגרגירים.
- ההבדל בהתנהגות נובע מההבדל בסוג החומר.
- ההבדל בהתנהגות נובע מההבדל בצבע.

וישאלו את אחת משאלות החקר הללו, בהתאמה:

- כיצד משפיע משקל הגרגירים על ההצמדות לבלון?
- כיצד משפיע סוג החומר על ההצמדות לבלון?
- כיצד משפיע צבע החומר על ההצמדות לבלון?

כדי שלא להשפיע על שלב ההשערה ועל שלב שאילת שאלת החקר, רצוי שלא לחשוף את החומרים שיש בידיכם בפני התלמידים מראש. רק בשלב תכנון הניסוי הראו לתלמידים את החומרים שהכנתם:

- מלח שולחן (דק), מלח מטבח (גס), מלח למדיח (גרגירים גדולים במיוחד)
- אבקת פלפל שחור (טחון), שבבי פלפל (גרוס), גרגירי פלפל שלמים
- אבקת פלפל לבן ואבקת פפריקה אדומה
- נייר מדפסת (התלמידים יוכלו לחתוך ממנו חתיכות נייר קטנות בגדלים שונים)

התלמידים צריכים להחליט אילו חומרים הם צריכים לביצוע הניסוי שיענה על שאלת החקר שניסחו, ולרשום פרוטוקול ניסוי מסודר. בדקו את פרוטוקול הניסוי, ואם הוא מפרט את כל שלבי הניסוי אשרו לתלמידים להתחיל בניסוי. זכרו שגם אם זיהיתם טעות בפרוטוקול הניסוי, אל תתקנו את התלמידים בשלב זה, אלא תנו להם להתחיל את הניסוי ולטעות. אל תשכחו לגשת לקבוצה כזו במהלך הניסוי ולשאול אותם שאלה מכוונת. למשל, אם התלמידים רוצים לבחון את השפעת הצבע, ומשתמשים במלח גס, אבקת פלפל שחור ואבקת פפריקה, שאלו אותם האם ישנו הבדל אחר בין שלושת החומרים שיכול להסביר את ההבדל במידת ההיצמדות לבלון שמצאו בניסוי.

דיון בתוצאות



בקשו מכל קבוצה להציג את תוצאותיה, והגיעו למסקנה: ההיצמדות לבלון מושפעת ממשקל הגרגירים, ולא מסוג החומר או מהצבע. זכרו כי בשלב זה אין להשתמש במונחים "מושך" או "נמשך", שכן הם אינם מתארים תצפיות (איננו רואים את הבלון "מושך" את גרגירי הפלפל).

שאלו את התלמידים אם הם הבחינו בגורמים אחרים המשפיעים על ההיצמדות לבלון: ככל שהבלון קרוב יותר לגרגירים, כך נצמדים אליו גרגירים כבדים יותר.

כדי להבין את תוצאות הניסוי, הציגו לתלמידים את המושג "כוח" כגורם היכול להביא לשינוי במצב של גוף.¹ הסבירו לתלמידים שעל כל גוף פועל כוח המושך אותו כלפי מטה – כוח הכובד. אם נעזוב את הגוף באוויר, כוח הכובד יגרום לשינוי במצבו והגוף ייפול כלפי מטה. כדי להרים את הגוף צריך להפעיל עליו כוח כלפי מעלה שהוא גדול מזה שמפעיל עליו כדור הארץ כלפי מטה (אפשר להשתמש באנלוגיה לתחרות משיכת חבל²). בקשו מתלמיד קטן בגודלו לנסות ולהרים תלמיד כבד משקל, ואחר כך בקשו מהם להתחלף. התנסות זו תדגיש את היחס בין כוח הכובד לכוח שצריך להשקיע כדי להתגבר עליו.

אמרו לתלמידים שמרגע שהגדרנו את מושג הכוח אפשר להפסיק להשתמש בשפת התצפיות ("נצמד", "מתרחק") ולעבור להשתמש בשפת הכוחות ("נמשך", "נדחה"), שהיא בעצם פירוש של התצפיות.

¹ אנחנו משתמשים במילה "יכול" מכיוון שלא תמיד כוח גורם לשינוי. למשל, כאשר חפץ מונח על השולחן כוח הכובד פועל עליו, אבל לא גורם לשינוי במצבו, שכן באותה העת פועל על הגוף כוח נוסף המנוגד בכיוונו לכיוון כוח הכובד – הכוח הנורמלי שמפעיל השולחן על הגוף. אם שני מנוגדים בכיוונם ושווים בגודלם, ההשפעה שלהם מתבטלת.

² זהו הסבר חלקי, שכן במקרה שלנו פועלים על הגוף שלושה כוחות – כוח המשיכה כלפי מטה, הכוח החשמלי כלפי מעלה, והכוח הנורמלי שמפעיל המשטח עליו ניצב הגוף, גם כן כלפי מעלה. מכיוון שההסבר המלא מסובך מדי לתלמידי יסודי, אפשר להסתפק באנלוגיה החלקית המתארת פעולה מנוגדת של שני כוחות בלבד.

הציגו להם את תוצאות הניסוי ובקשו מהם להסביר אותן על פי העיקרון הזה:

- א. **גרגירים של פלפל נצמדים לבלון משופשף**. הסבר: הבלון מפעיל על הגרגירים כוח כלפי מעלה ("הבלון מושך את הגרגירים").
- ב. **גרגירי הפלפל אינם נצמדים לבלון לא משופשף**. הסבר: מקור הכוח הוא לא בבלון עצמו, אלא בפעולת השפשוף. עדיין לא ניתן שם מדעי לתופעה, אבל לעת עתה אפשר לקרוא לה "כוח השפשוף" (ולא "כוח הבלון").
- ג. **גרגירים קטנים נצמדים לבלון משופשף אך גרגירים גדולים אינם נצמדים**. הציגו בפני התלמידים שתי אפשרויות להסבר תצפית זו: הבלון המשופשף מפעיל כוח גדול יותר על הגרגירים הקטנים, או שכדור-הארץ מפעיל כוח קטן יותר על הגרגירים הקטנים. בקשו מהם להחליט איזו אפשרות נכונה: ככל שהגוף כבד יותר, כך הכוח שכדור הארץ מפעיל עליו כלפי מטה גדול יותר, ונדרש כוח גדול יותר כדי להרימו. הכוח של הבלון מספיק כדי להתגבר על כוח המשיכה הפועל על הגרגירים הקטנים, אבל לא על זה הפועל על הגרגירים הגדולים.
- ד. **ככל שהבלון המשופשף קרוב יותר, כך גרגירים גדולים יותר נצמדים אליו**. הסבר: מכיוון שכוח המשיכה של כדור הארץ לא משתנה, אפשר להסיק שהכוח שהבלון מפעיל תלוי במרחק הבלון מהגוף. ככל שהבלון קרוב יותר, כך הכוח שהוא מפעיל גדול יותר, והוא יכול להרים גופים כבדים יותר.

מי מושך את מי?

הזכירו לתלמידים כי בולי נמשך אל המורה, אבל גרגירי הפלפל נמשכו אל הבלון. שאלו את התלמידים אם בלון משופשף נמשך או מושך. הסבירו לתלמידים כי הפעלה של כוח היא תמיד הדדית – כאשר אנו מושכים מישהו, אנו גם נמשכים על ידיו (למשל, כאשר אנו עוזרים למישהו לקום מהרצפה).³ הכוח הפועל על שני הגופים שווה, אבל תוצאת המשיכה תלויה במשקל – ככל שהגוף כבד יותר, ההשפעה של הפעלת הכוח עליו פחותה (אם נושפים על בולי הוא זז, אבל אם נושפים על המורה הוא נשאר במקום). לכן כשכוח פועל באופן הדדי בין גוף גדול לגוף קטן, בדרך כלל אנחנו מתעלמים מהשפעת הכוח על הגוף הגדול ומתמקדים בהשפעה שלו על הגוף הקטן – "הבלון מושך את גרגירי הפלפל", "המורה מושך את הבלון".

³ עקרון זה ידוע בכינוי "החוק השלישי של ניוטון".

מחוג של מטאטא – הדגמת מורה



הניחו על השולחן כדור קלקר וחצי כדור קלקר (עומד על צדו השטוח), ושאלו את התלמידים איזה משני הגופים אפשר לדעתם להזיז באמצעות בלון משופשף. סביר להניח שרוב התלמידים יבחרו בחצי הכדור, מכיוון שמשקלו קטן יותר. קרבו לצדם של שני הגופים בלון משופשף, והראו להם כי הבלון גורם לכדור השלם להתגלגל לאורך השולחן, אך אינו מזיז את חצי הכדור. בקשו מהתלמידים להסביר את התופעה: כאשר מפעילים את הכוח מהצד, איננו צריכים להתגבר על כוח המשיכה של כדור הארץ כדי להניע את החפץ, ולכן משקל החפץ אינו הגורם העיקרי בקביעת יכולת התנועה. במקרה זה הכוח שאנו פועלים כנגדו הוא כוח החיכוך עם השולחן⁴. לכדור שטח מגע קטן מאוד עם השולחן, ולכן הכוח שמפעיל עליו השולחן קטן. לחצי הכדור, לעומת זאת, שטח מגע גדול עם השולחן, וכוחו של הבלון המשופשף לא מצליח להתגבר על כוח החיכוך⁵.

הציגו לתלמידים מוט של מטאטא וזכוכית שעון, ובקשו מהם לגרום למטאטא לזוז מבלי לגעת בו. הפתרון: מציבים את זכוכית השעון על השולחן כך שצידה הקמור כלפי מעלה, מאזנים את מוט המטאטא על זכוכית השעון, ומקרבים בלון משופשף אל קצה המוט מצדו. ההסבר לתופעה דומה להסבר הקודם: הכוח פועל בניצב לכוח המשיכה ואינו צריך להתגבר על משקלו של מוט המטאטא; שטח המגע עם זכוכית השעון קטן, ולכן כוח החיכוך קטן, והכוח שמפעיל הבלון המשופשף גובר עליו.

המשך הפעילות

שאלו את התלמידים: האם לדעתכם התופעות שראינו מיוחדות רק לבלונים? שמעו את תשובותיהם, אך השאירו את השאלה פתוחה.

בפעילות הבאה, התלמידים יגלו שתופעות מסוג זה משותפות לחומרים רבים. חלקו לתלמידים את **דף משימה 2**, חלקו את הקבוצות בין התחנות והנחו אותם לבצע את ההתנסויות על פי הסדר. הנחיות להכנת התחנות מופיעות בעקבות דף המשימה.

⁴ אם המונח "כוח חיכוך" אינו מוכר לתלמידים, אפשר לתת להם לנסות להניע את שני הגופים לאורך השולחן באמצעות נשיפה או דחיפה קלה עם היד, ולהרגיש את ההבדל בכוח הנדרש ליצירת תנועה.

⁵ ייתכן כי התלמידים יציעו להפוך את חצי הכדור ולהציבו על צדו העגול, אך גם במקרה זה הכדור לא יזוז: תנועה סיבובית של חצי הכדור כרוכה בהגבהה של מרכז המסה שלו, ולכן דורשת התגברות על כוח המשיכה.

מדע מסמר שיער

ראינו ששפשוף צמר בבלון גורם לבלון למשוך חפצים שונים. בפעילות זו נבדוק האם התופעה שראיתם מיוחדת רק לבלונים. הפעילות מתבצעת במספר תחנות. בסיום הפעילות בתחנה, עברו לתחנה הבאה. אם סיימתם את הפעילות בתחנה מס' 5, עברו לתחנה מס' 1.

1. שפשו סרגל בשיערכם. קרבו את הסרגל אל השיער והרחיקו אותו באיטיות. מה קורה לשיער?

2. תלמיד אחד יאחז בשתי ידיו בבקבוק זכוכית, בשעה שחברו משפשוף במהירות את צווארו של הבקבוק בנייר עיתון. קרבו את פיית הבקבוק לחתיכות הקלקר שבצלחת. מה קורה לחתיכות הקלקר?

3. נערו בחוזקה את הפתיתים בבקבוק, ואז הפכו את הבקבוק באיטיות. געו בעדינות בבקבוק במקומות בהם נשארו פתיתים "דבוקים" לתחתית הבקבוק. מה קורה לפתיתים?

4. שפשו צינור במגבת. קרבו את הצינור לזרם המים, מבלי לגעת בו. מה קורה לזרם המים?

5. שפשו בלון ורצועה של שקית פלסטיק בצמר. תלמיד אחד יחזיק את הבלון בידו, ותלמיד שני ירים את הרצועה, יפתח אותה לטבעת וישחרר אותה במרחק של כ-20 ס"מ מעל הבלון. נסו לגרום לטבעת לרחף מעל הבלון.

מסקנות

לאחר שסיימתם את הפעילות בכל התחנות, ענו על השאלה:

מה משותף לכל התופעות בהן צפיתם?

המלצות לניהול שיעור

הכנות

הכינו 5 תחנות ממוספרות, עם הציוד הבא:

1. בתחנה זו סרגל פלסטיק בלבד.
2. בקבוק זכוכית, נייר עיתון וצלחת עם גרגירי קלקר.
3. בקבוק פלסטיק שבתוכו 3 כפות פתיתים.
4. צינור פלסטיק ומגבת. תחנה זו צריכה להיות ממוקמת ליד כיור, כאשר הברז פתוח מעט ליצירת קילוח דק ביותר אך אחיד (לא טפטוף). אם אין כיור בכיתה, אפשר להשתמש בבקבוק פלסטיק עם חור בתחתיתו ובקערה.
5. בלון, רצועה משקית פלסטיק⁶ וצמר.

פירוט לגבי הכנת הציוד נמצא בנספח בסוף היחידה. כאמור, פעילויות בחשמל סטטי לא עובדות כשרמת הלחות באוויר גבוהה. יש להמתין ליום יבש (הסיכוי לכך גדול יותר בחודשים דצמבר–אפריל), או לבצע את הפעילות בחדר ממוזג.

פעילות בתחנות

עליכם לדאוג לתחלופה מסודרת של הקבוצות בין התחנות כל מספר דקות (3–5 דקות, תלוי בגודל הקבוצה). עברו בין הקבוצות וודאו שהם מבחינים בתופעה. כמה דגשים שיעזרו לקבל תוצאות טובות:

- א. בכל המקרים יש חשיבות לשפשוף מהיר במשך 5–10 שניות.
- ב. ההשפעה של הסרגל על שיער ניכרת יותר כאשר השיער חלק (לא מתולתל), רך ודק. אם אין השפעה על השיער של תלמיד מסוים, בקשו מהקבוצה לנסות על שיערו של ילד אחר בעל שיער מתאים.
- ג. ההשפעה של הצינור על המים ניכרת כאשר מקרבים אותו לחלקו העליון של זרם המים (בסמוך לפיית הברז). לעיתים יש לקרב את הצינור קרוב מאוד (פחות מס"מ אחד) לזרם, אבל בכל מקרה לשים לב לא לגעת בזרם המים עם הצינור.
- ד. אם התלמידים לא מצליחים לגרום לטבעת משקית הפלסטיק לרחף מעל הבלון, הדגימו

להם את הפעולה: <https://www.youtube.com/v/XdA6zgLHPws>

⁶ השם המקובל הוא "שקית ניילון", אולם השקיות אינן עשויות ניילון (שהוא חומר פלסטי המשמש לייצור חוטים, למשל גרבי ניילון, חוטי דייג ומיתרי גיטרה) אלא מחומר פלסטי אחר – פוליאטילן.

דיון בתוצאות



הסבו את תשומת לב התלמידים שביצענו ניסויים רבים בחפצים שונים: סרגל, בקבוק זכוכית, בקבוק פלסטיק, צינור, בלון ושקית. כולם בדרך כלל "מתנהגים יפה" בקרבת חפצים אחרים. הם לא "רודפים" אחריהם ולא "בורחים" מחפצים אחרים, לא נדבקים, לא מכופפים ובוודאי שלא מקלקלים לנו את התסרוקת. בקיצור: לחפצים אלו אין בדרך כלל השפעה (נראית לעין לפחות) על חפצים אחרים בסביבתם הקרובה. ברם, בכל הניסויים שביצענו הם כן השפיעו על סביבתם. סכמו בקצרה על הלוח את התופעות הנצפות, בתוספת הפירוש לשפת הכוחות ("נמשך", "נדחה"):

1. סרגל ששופשף בשיער מושך אליו שיער. השערות ששופשפו מתרחקות האחת מהשנייה, והשיער ממשיך לסמור מעט גם אחרי שמרחיקים את הסרגל (את חלקה השני של התופעה אפשר לראות רק אצל בעלי שיער דק, חלק וקצר).
2. בקבוק זכוכית ששופשף בנייר עיתון מושך אליו גרגירי קלקר. חלק מגרגירי הקלקר שנוגעים בבקבוק ניתקים ממנו במהירות.
3. בקבוק פלסטיק ששוקשקו בתוכו פתיתים מושך אליו פתיתים. המשיכה מפסיקה כשנוגעים בבקבוק.
4. צינור ששופשף במגבת מושך אליו מים זורמים.
5. בלון ששופשף בצמר דוחה מעצמו שקית ששופשפה בצמר.

לתופעות הנצפות יש מכנה משותף: כולם ראינו פעולה של כוח (משיכה או דחייה). כעת עלינו לבדוק האם יש גורם משותף לתופעות. אנו מחפשים את הסיבה, הגורם, לתופעות המשיכה והדחייה שראינו. האם קיים גורם כזה, המשותף לכל הניסויים, או שבכל ניסוי המשיכה או הדחייה נבעו מסיבה אחרת? הפנו שאלה זו לתלמידים.

תשובה אפשרית אחת קשורה לחפצים עצמם (סרגל וכו'). ייתכן שהתלמידים יאמרו שכולם עשויים מפלסטיק. ובכן, רובם אכן עשויים מפלסטיק, אולם גם בקבוק הזכוכית הראה התנהגות דומה.⁷ בנוסף: החומר ממנו עשויים חפצים אלו לא השתנה במהלך הניסוי (לפחות למראית עין), אך רק במהלך הניסוי הם גילו תכונות משיכה ודחייה. הסרגל בקלמר אינו נמשך לדבר

⁷ כמו כן, השם "פלסטיק" כולל בתוכו סוגים רבים של חומרים בעלי הרכב שונה – הסרגל עשוי מפוליסטירן, הבקבוק מפוליאסטר, הצינור מפוליאיתילן והבלון מגומי.

כלשהו, בלונים לא נדבקים לגוף וכדומה. רק בניסויים עצמם נצפו משיכה ודחייה. נמשיך ונשאל, אם כן, מה משותף לכל הניסויים?

ובכן, פעולת השפשוף היא הגורם שחזר בכל הניסויים, כלומר היא הגורם המשותף! שפשוף הוא תהליך בו אנו מגדילים את שטח המגע בין גופים על-ידי חיכוך זה כנגד זה. בכל הניסויים שפשוף חומר אחד בחומר אחר. גם בניסוי הבקבוק והפתיתים גרמנו לשפשוף בין הפתיתים לבין הבקבוק על ידי ניעור הפתיתים בבקבוק.

הסבר התוצאות

איזה סוג כוח נוצר בעקבות פעולת השפשוף? הראו לתלמידים את הסרטון הבא: <http://www.youtube.com/v/O9z3cQo4Fzc>, ובקשו מהם לתאר מה רואים בסרטון: ילד, המחזיק במנורה פלואורסצנטית ומחכך את רגליו במרץ בשטיח, גורם למנורה להאיר! שאלו אותם מהי הדרך המקובלת להדליק נורה: באמצעות זרם חשמלי. מכאן ניתן להסיק שפעולת השפשוף קשורה באופן כלשהו לחשמל. שפשוף הבלון בצמר "העניק" לו תכונה חשמלית: אנו נקרא לה **מטען חשמלי**, ונאמר שהבלון **טעון חשמלית**. ראינו שבלון בעל מטען חשמלי מפעיל כוח, ונקרא לו **כוח חשמלי**.

הזכירו לתלמידים כי בניסוי הם צפו בתופעות הן של משיכה והן של דחייה בין גופים טעונים. כדי להסביר כיצד אותו הכוח (כוח חשמלי) יכול לגרום גם למשיכה וגם לדחייה אנחנו מניחים את קיומם של שני סוגי מטענים חשמליים, להם אנחנו קוראים "חיובי" ו"שלילי" (הזכירו לתלמידים את סימני ה-"+" וה-"-" שמופיעים על גבי סוללה חשמלית). **מטענים דומים (חיובי וחיובי או שלילי ושלילי) דוחים אחד את השני, ומטענים מנוגדים (חיובי ושלילי) מושכים זה את זה.**

בניגוד לסוללה שיכולה לגרום לזרימה קבועה של מטענים חשמליים (**זרם חשמלי**), שפשוף של גופים יוצר מצב של מטען קבוע במקום אחד, ועל כן התופעה נקראת **חשמל סטטי**. כאשר כמות המטען בגוף גדולה מאוד, יכול להתרחש תהליך של מעבר מהיר של מטען מהגוף הטעון לגוף אחר. מעבר המטען נפסק כעבור זמן קצר מאוד. תהליך זה נקרא "פריקה", ואנו עדים לו בהזדמנויות שונות, למשל בשעת סופת ברקים, כאשר אנחנו מקבלים "זרם" כשיוצאים מהמכונית ביום יבש, או בהדלקת המנורה בסרטון שראינו.

פרק ב': כיצד נטענים גופים?

בפרק א' התוודעו התלמידים לתופעות שונות הקשורות בחשמל סטטי, והוצגו להם שני מנגנונים ברמה המאקרוסקופית להסבר התופעות בהם צפו:

1. שינוי במצב של גופים (ובאופן ספציפי – מעבר ממנוחה לתנועה) דורש הפעלה של כוח שאינו מאוזן על ידי כוחות אחרים.

2. שפשוף של גופים העשויים מחומרים שונים גורם לטעינה של הגופים במטען חשמלי, והמטען החשמלי גורם לכוחות משיכה או דחייה בין הגופים.

בפרק ב' נציג לתלמידים מנגנון המסביר את תהליך הטעינה של גופים ברמה המיקרוסקופית. מכיוון שפרק ב' מתייחס למבנה החלקיקי של החומר ולמבנה האטום, הוא מתאים לתלמידים בוגרים יותר. אם מלמדים תלמידים צעירים יותר, אפשר בהחלט לסיים את הוראת היחידה בסוף פרק א'.

הסבר מקדים

מודלים של מבנה האטום פותחו על ידי המדענים לאורך שנים ארוכות, ובעקבות סוגים רבים של ניסויים ותצפיות, ואי אפשר לצפות שהתלמידים ישערו זאת בעצמם. לכן יש לספק מראש לתלמידים הסבר לאופן בו נוצרים גופים טעונים, ורק בעקבות ההסבר יבצעו התלמידים פעילויות כדי לבדוק את הפנמת המושגים.

אנו לא נרחיב במבנה האטום, למרות שבו טמון ההסבר לתופעות החשמליות. תחת זאת, נספר לתלמידים שבכל גוף, בכל חומר שהוא, ישנם חלקיקים קטנים מאוד, משני סוגים: פרוטונים ואלקטרונים. התכונות של האלקטרונים והפרוטונים שונות: למשל, הפרוטונים כבדים פי 2000 מהאלקטרונים, ולכן הפרוטונים אינם יכולים לזוז ממקומם בעוד האלקטרונים מסוגלים לעבור מגוף אחד למשנהו. בדרך-כלל, מספר הפרוטונים והאלקטרונים בגוף שווה; אך לעתים אלקטרונים, שהם קלים וזריזים, עוברים מגוף אחד לגוף אחר. כיצד זה קורה? למשל, כתוצאה משפשוף. אנחנו לא רואים אותם, אז איך אנו יודעים שהם עברו? כאשר מספר הפרוטונים בגוף שונה ממספר האלקטרונים, לגוף יהיה כוח חשמלי – כמו שראינו בבלון, בבקבוקים, בצינור ובסרגל.

לגוף בו מספר האלקטרונים שווה למספר הפרוטונים אנו קוראים "ניטרלי":

גוף ניטרלי: גוף בו מספר הפרוטונים והאלקטרונים שווים. לגוף אין מטען חשמלי!

לגוף בו אין שוויון בין מספר האלקטרונים והפרוטונים נקרא גוף "טעון", ונבדיל בין שני מקרים:

אם מספר הפרוטונים גדול ממספר האלקטרונים – לגוף יש מטען חשמלי "חיובי".

אם מספר הפרוטונים קטן ממספר האלקטרונים – לגוף יש מטען חשמלי "שלילי".

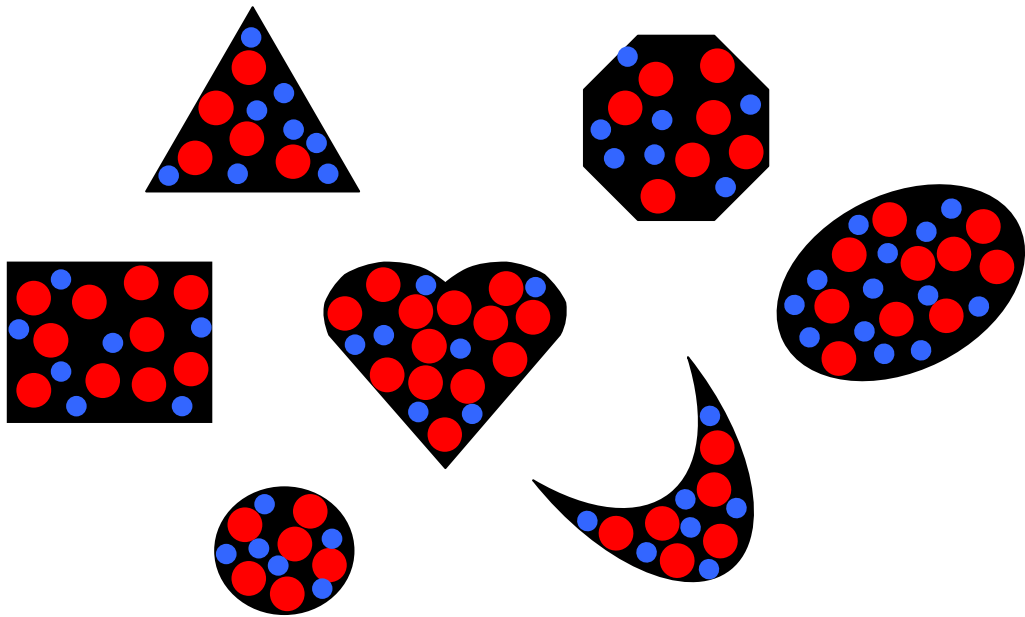
רשמו את ההגדרות המופיעות במסגרת על הלוח.

לאחר ההסבר חלקו לתלמידים את **דף משימה 3** וכן טושים שחורים וכחולים.

איזון חשמלי

בתרשים שלפניכם מופיעים מספר גופים. בכל גוף יש נקודות אדומות גדולות המייצגות פרוטונים, ונקודות כחולות קטנות הקטנות המייצגות אלקטרונים.

המטרה: להפוך את כל הגופים לנייטרליים, כלומר, לגופים ללא מטען חשמלי.



כיצד תעשו זאת? בעזרת הכללים הרשומים על הלוח, והמשימות הבאות:

1. תחילה בדקו מי מהגופים נייטרלי והקיפו אותו בעיגול.
2. מצאו את הגופים בעלי המטען החיובי – סמנו לידם (+).
3. מצאו את הגופים הטעונים שלילית. סמנו לידם (-).
4. כעת, כדי לאזן את המטען החשמלי, מותר לכם להוסיף אלקטרונים או למחוק אלקטרונים בכל אחד מששת הגופים הטעונים. הוסיפו אלקטרונים בעזרת הטוש הכחול, ומחקו אלקטרונים בעזרת הטוש השחור.

סיימתם? כל הכבוד! בואו ונראה אם תצליחו לענות על השאלה הבאה:

5. בחלק מהגופים מחקתם אלקטרונים כדי להפוך את הגוף לנייטרלי. מדוע למחוק אלקטרונים? האם לא יכולנו להוסיף פרוטונים? היזכרו בהבדלים בין הפרוטונים לאלקטרונים ונסו לחשוב מדוע לא הוספנו פרוטונים.

המלצות לניהול שיעור

לאחר שהתלמידים סיימו את דף משימה 3, בדקו את תשובותיהם ואז דונו יחד בשאלה האחרונה: מדוע מחקנו אלקטרונים ולא הוספנו פרוטונים כדי לאזן חשמלית גוף טעון שלילית? בקשו מהתלמידים להזכיר לכם מה ההבדלים בין הפרוטונים לאלקטרונים: אמרנו קודם, שרק האלקטרונים יכולים לנוע ולעבור בין אטומים שונים, ואילו הפרוטונים נשארים במקומם. לכן, שינוי מטען נעשה רק על-ידי העברת אלקטרונים: גוף טעון שלילית הוא גוף שנוספו לו אלקטרונים, גוף טעון חיובית הוא גוף שמסר אלקטרונים.

סכמו עם התלמידים את שלמדו בפעילות: מהו מקור המטען החשמלי, מה ההבדל בין גוף טעון חיובית לגוף טעון שלילית, ואת ההבדל בינם לבין גוף לא טעון. הדגישו שוב: בכל גוף קיימים פרוטונים ואלקטרונים, אך כאשר מספרם אינו שווה – הגוף טעון במטען חשמלי.⁸

שאלו את התלמידים כיצד אפשר לדעת כי גוף טעון חשמלית: ראינו שגוף בעל מטען חשמלי מפעיל כוח על סביבתו: בלון טעון הזיז מקל של מטאטא, צינור טעון הסיט זרם מים ועוד. אם כן, אנו לא רואים את המטען החשמלי, אבל אנו נוכחים בהשפעתו על הסביבה.

המשך הפעילות

שאלו את התלמידים כיצד נוצר מצב של אי-שוויון בין פרוטונים לאלקטרונים. אנו משערים שכאשר חיכנו צמר בבלון, חלק מהאלקטרונים בצמר עבר לבלון, או להיפך – חלק מהאלקטרונים בבלון עברו לצמר. איננו יודעים מי העביר אלקטרונים למי, כי איננו יכולים לספור אלקטרונים, אך אנו בטוחים שהיה מעבר אלקטרונים. איך אנו יודעים זאת? ראינו שהבלון מפעיל כוח על עצמים שונים.

חלקו לתלמידים את דף משימה 4, וכן 3 חתיכות של תבנית ביצים, מדבקות אדומות וגולות כחולות. התלמידים ישתמשו בתבניות הביצים כדי לבנות מודלים שיסבירו חלק מהתופעות בהן צפו בפעילות של דף משימה 2.

⁸ בגלל המספר המצומצם מאוד של פרוטונים ואלקטרונים המיוצג בפעילות, יכול להיווצר הרושם שבגוף טעון ישנו הבדל משמעותי בין מספר הפרוטונים לאלקטרונים. במציאות, מספר הפרוטונים והאלקטרונים בגוף מוחשי הוא עצום – מסדר גודל של מיליון מילארדי מילארדים (10^{24}), ואילו אחוז האלקטרונים שעובר מגוף לגוף בתהליך הטעינה הוא מזערי – מסדר גודל של אחד לבליון (10^{-12}). סדרי גודל עצומים כאלו הם מעבר ליכולת התפיסה של תלמידים ביסודי, ולכן הפעילות איננה מתייחסת לכך כלל.

ביצים מחושמלות

בכל גוף יש פרוטונים ואלקטרונים. כל עוד מספרם שווה, הגוף ניטראלי, כלומר, אין לו מטען חשמלי. למדנו שכאשר משפשפים שני גופים זה בזה, אלקטרונים יכולים לעבור מגוף אחד לשני וכך מתקבלים שני גופים טעונים – האחד במטען חיובי והאחר במטען שלילי. כמו כן למדנו שגופים בעלי מטען דומה דוחים זה את זה, ואילו גופים בעלי מטען מנוגד מושכים זה את זה.

הכינו מודלים של שלושה גופים מתבניות קרטון באופן הבא:

א. הדביקו מדבקות אדומות בתחתית של כל שקע בתבנית.

ב. הניחו גולה אחת בכל שקע בתבנית.

בצעו את המשימות הבאות. בסיום כל משימה קראו למורה:

1. על פי מה שלמדתם, איזה סוג של חלקיקים מייצגות הגולות?
מייצגות הגולות?
2. הציגו באמצעות שתי תבניות הסבר לתופעה בה צפיתם כאשר שקשקתם את הפתיתים בתוך בקבוק הפלסטיק.
3. הציגו באמצעות שלוש התבניות הסבר לתופעה בה צפיתם כאשר שפשפתם בלון ושקית פלסטיק באמצעות צמר.
4. משימת אתגר: הציגו באמצעות שלוש התבניות הסבר לתופעה בה צפיתם כאשר שפשפתם בקבוק זכוכית בנייר עיתון וקירבתם אותו לפתיתי הקלקר.

המלצות לניהול שיעור

המשימות מוצגות לתלמידים באופן מדורג. כל התלמידים צריכים להיות מסוגלים לפתור את שתי המשימות הראשונות. המשימה השלישית קשה יותר, ויתכן שרק חלק מהתלמידים יצליחו אותה. המשימה הרביעית מיועדת כדי להעסיק תלמידים מתקדמים, וכנראה שתצטרכו אתם להציג את הפתרון שלה לתלמידים.

עברו בין הקבוצות ושמעו את הפתרונות שהתלמידים מעלים למשימות השונות. במידת הצורך, הפנו את תשומת ליבם לעקרונות המופיעים בפתיח של דף המשימה. אחרי שכול הקבוצות סיימו לפחות את שתי המשימות הראשונות, רכזו את התלמידים לדיון מסכם.

שימו לב כי איננו יודעים באיזה כיוון עוברים האלקטרונים, אולם הדבר לא משנה באופן מהותי את ההסברים.

דיון בתוצאות



1. המדבקות האדומות מייצגות את הפרוטונים, שאינם יכולים לזוז ממקומם. הגולות מייצגות את האלקטרונים שיכולים לעבור מגוף אחד לגוף אחר.
2. כאשר הפתיתים משתפשים בבקבוק הפלסטיק, חלק מהאלקטרונים שלהם עוברים אל הבקבוק. התלמידים צריכים להעביר מספר גולות מתבנית אחת לתבנית אחרת. כעת, תבנית אחת טעונה במטען חיובי (חוסר יחסי באלקטרונים) והשנייה במטען שלילי (עודף יחסי באלקטרונים). בין שתי התבניות פועל כוח משיכה (מטענים מנוגדים), דבר שמסביר את התצפית שהפתיתים נצמדים אל הבקבוק.
3. כאשר משפשים את הבלון בצמר, חלק מהאלקטרונים שבצמר עוברים אל הבלון. דבר דומה קורה כאשר משפשים את שקית הפלסטיק בצמר. התלמידים צריכים להעביר מספר גולות מתבנית אחת אל שתי התבניות האחרות. כעת, תבנית אחת טעונה במטען חיובי, ושתיים במטען שלילי. בין שתי התבניות האחרונות פועל כוח דחייה (מטענים דומים), דבר שמסביר את התצפית ששקית הפלסטיק נדחית מהבלון.
4. כאשר משפשים את בקבוק הזכוכית בנייר, חלק מהאלקטרונים שלו עוברים אל הנייר. פתיתי הקלקר לא שופשו, ולכן הם אינם טעונים. התלמידים צריכים להעביר מספר גולות מתבנית אחת לתבנית אחרת, ולהשאיר את התבנית השלישית ללא שינוי. כעת, תבנית אחת טעונה במטען חיובי, השנייה במטען שלילי, והשלישית ניטרלית. כאשר

מקרבים את הבקבוק הטעון חיובית אל פתית הקלקר הניטרלי, האלקטרונים של הקלקר נמשכים אל הבקבוק, והפרוטונים שלו נדחים מהבקבוק. התלמידים צריכים להעביר גולות מצד אחד של התבנית הניטרלית אל צידה השני. סך כל מספר האלקטרונים שווה למספר הפרוטונים, אולם צד אחד של התבנית טעון במטען שלילי (יותר אלקטרונים מפרוטונים), והצד השני במטען חיובי (פחות אלקטרונים מפרוטונים). הצד השלילי נמשך אל התבנית הטעונה חיובית, והצד החיובי נדחה ממנה. מכיוון שהכוח החשמלי קטן עם המרחק, המשיכה גוברת על הדחייה, דבר שמסביר את התצפית שהפתית נצמדים אל הבקבוק. בשלב זה יכול להתרחש תהליך בו חלק מהאלקטרונים בפתית הקלקר עוברים אל הבקבוק. כעת שני הגופים טעונים במטען חיובי, ופועל ביניהם כוח דחייה, דבר שמסביר את התצפית שחלק מפתית הקלקר ניתזים מהבקבוק לאחר זמן קצר.

סיכום

הזכירו לתלמידים את בולי, הבלון המאוהב. בדקו אם כעת הם יכולים להסביר מה גרם לו "להתאהב" בכם ולקרוא עיתון. עכשיו הם יכולים להשתמש במושגים אותם למדו: מטען חשמלי, כוח משיכה, כוח דחייה. ההסבר דומה להסבר שהצגתם כפתרון למשימה 4. אפשר גם לבקש מהם להסביר מדוע סמרו שערותיהם כאשר שפשפו אותן בסרגל. ההסבר דומה להסבר אליו הגיעו במשימה 3.

נספח: רשימת ציוד וחומרים

הבלון המאוהב – הדגמת מורה

לכל הכיתה:

בלון

טוש בלתי מחיק שחור

חוט תפירה

עמוד כפול של עיתון

מטלית צמר (אפשר גם סוודר צמר ישן או כדור צמר)

אטב משרדי

מגנט

דף משימה 1

לכל צוות:

צלחת חד פעמית

תערובת של פלפל שחור טחון (לא גרוס) ומלח מטבח גס מסונן

2 בלונים

מטלית צמר

לכל הכיתה:

מלח שולחן (דק), מלח מטבח (גס), מלח למדיח (גרגירים גדולים במיוחד)

אבקת פלפל שחור (טחון), שבבי פלפל (גרוס), גרגירי פלפל שלמים

אבקת פלפל לבן

אבקת פפריקה אדומה

עלי ומכתש

נייר מדפסת (אפשר טיוטה)

מחוג של מטאטא – הדגמת מורה

לכל הכיתה:

כדור קלקר שלם + חצי כדור קלקר

זכוכית שעון

מקל מטאטא

דף משימה 2

לכל הכיתה:

- סרגל פלסטיק – לא כל הסרגלים עשויים מאותו החומר. אם ברשותכם מספר סרגלים מסוגים שונים, נסו לבדוק לאיזה מהם ההשפעה הרבה ביותר על שיער.
- בקבוק זכוכית – בעל צוואר צר וארוך, כמו בקבוק בירה 330 מ"ל או בריזר. אם יש מדבקה על צוואר הבקבוק, יש להסירה לחלוטין (אפשר להיעזר בסכין ובמעט מים). לעתים יש לנסות בקבוקים שונים עד שמתקבלת תוצאה טובה. אם לא מתקבלות תוצאות טובות עם אף בקבוק, אפשר להשתמש במוט זכוכית או אפילו במד טמפרטורה מזכוכית (עדיף אחד שאינו תקין).
- נייר עיתון
- צלחת עם גרגירי קלקר – אפשר לחכך שתי חתיכות קלקר כדי לפורר אותן לגרגירים. אם לא מתקבלות תוצאות טובות, אפשר להחליף את גרגירי הקלקר בפיסות קטנות של נייר עיתון (כ-5 X 5 מ"מ).
- בקבוק מים מפלסטיק בנפח 1/2 ליטר. חשוב שהבקבוק יהיה יבש לחלוטין לפני שמכניסים את הפתיתים!
- פתיתים אפויים לא מבושלים בצורת כדורים קטנים ("קוסקוס")
- צינור פלסטיק המשמש להעברת חוטי חשמל בקירות (בצבע ירוק, נקרא "מריכף") או להעברת מים (בצבע שחור, נקרא "PEX"), באורך של כ-30 ס"מ. אפשר להשיג בחנויות לחומרי בניין.
- מגבת מטבח / ידיים 100% כותנה
- בבקבוק פלסטיק 1.5 ליטר + פקק + מסמר + קערה (אם אין כיור בכיתה):
<https://www.youtube.com/watch?v=6Vu3Qt40r6s>
- בלון (רצוי יותר מאחד, במקרה שיתפוצץ)
- רצועה משקית פלסטיק – לוקחים שקית סופר רגילה (בלי ידיות) וחותכים מחלקה העליון (הפתוח) רצועה ברוחב 3 ס"מ, כך שמתקבלת טבעת.
- צמר – אפשר להשתמש בצעיף או סוודר (ל עודדא שהם עשויים צמר או אקרילן, ולא מסיב סינטטי אחר כמו פוליאסטר), או בכדור צמר לסריגה.

דף משימה 3:

לכל צוות:

טוש כחול

טוש שחור

דף משימה 4:

לכל צוות:

3 תבניות ביצים ריקות (אפשר חלקי תבניות, ובלבד שיהיו בהן לפחות 9 שקעים)
מדבקות אדומות עגולות (כמספר השקעים בתבנית)
חרוזים כחולים קטנים (כמספר השקעים בתבנית, אפשר להשתמש בכדורי פלסטלינה במקום החרוזים).